

基于中间视觉理论的道路照明测试研究

蔡培凯

指导教师：吕毅军  
副教授

厦门大学

学校编码：10384

学号：X2009181001

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

UDC\_\_\_\_\_

厦门大学

硕士学位论文

基于中间视觉理论的道路照明测试研究

The Study on Road Lighting Measurement Based on  
Mesopic Theory

蔡培凯

指导教师姓名：吕毅军 副教授

专业名称：电子与通信工程

论文提交日期：2012 年 11 月

论文答辩时间：2012 年 12 月

学位授予日期：2012 年 月

答辩委员会主席：\_\_\_\_\_

评 阅 人：\_\_\_\_\_

2012 年 11 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘要

近几年来，随着经济的快速发展，城市建设的日益完善，人们对于节能减排的思想更为成熟，在道路照明的设计上要求越来越高。在道路照明上，不仅要求节能光源，道路上的障碍物也要清晰可见，也要考虑眼睛的舒适。按照国际照明学会（CIE）的规定，亮度水平在  $3\text{cd/m}^2$  以上的视觉叫做明视觉（Photopic vision），亮度水平在  $10^{-3}\text{cd/m}^2$  以下的视觉叫做暗视觉（Scotopic vision），介于明视觉和暗视觉之间的叫中间视觉或介视觉（Mesopic vision），通常认为中间视觉的亮度水平范围为  $0.001\sim 3\text{cd/m}^2$ 。很多室外照明和部分室内照明正处于中间视觉照明的范围内，比如道路照明、隧道照明、紧急照明、停车场照明、飞机场照明、仪表盘照明、航天驾驶舱照明、某些交通信号照明、军事照明和医疗照明。

本文对人眼对于不同亮度下的反应也就是明视觉、暗视觉、中间视觉进行简单介绍。说明这三者的人眼的不同反应以及计算 CIE 技术委员会对于中间视觉下的光度学。重点讨论中间视觉对于道路照明的意义和道路照明设计的作用。

本文还介绍现在道路照明光度、色度的测试方法，国家标准中的测试要求及条件。对于现场测试仪器的研究介绍，讨论现行标准的局限性。根据国家发展改革委员会出台的相关文件，要求道路照明既要符合国家道路设计标准，又要节约能源，探讨不同光源使用情况。

2010 年，CIE191 推荐了四种中间视觉光度学模型，但至今还没有文献对这些光度学模型进行过全面系统的分析，中间视觉光度量检测仪器也未面世，很多照明设计和应用者对中间视觉的概念仍然不清，更谈不上应用。本文对 CIE191：2010 四种中间视觉模型的特点、适用范围和应用注意事项进行了全面系统的分析，并设计了中间视觉光度量测试仪器。仪器能够测量明视觉和中间视觉下灯具的光度量和发光效率，使中间视觉模型在照明测量和设计中能够得到正确和有效的应用。



本文介绍中间视觉对道路照明使用不同光源的效果的评价。英国国家标准 BS5489-1: 2003 规定, 当采用显色性好 ( $R_a$  在 60 以上) 的光源时, 允许将照度降低。而对于不同的光源用中间视觉光谱光视效率函数计算后得出的照度值不同。通过对不同光源的光度学计算, 并对不同光源下的道路照明场景进行实地量测, 探究中间视觉下的光度值与测量值间的差异, 为今后的道路照明设计在节能减排提供数据支持。

**关键词:** 中间视觉; 道路照明; 节能减排

## ABSTRACT

In recent years, with the rapid growth of the economic and the improvement of urban construction, the consciousness of energy conservation is more mature and increasingly high demand for road lighting design. Road lighting requires not only the energy-efficient light source but also the clear visibility of the obstacles on the road and the comfort of the eyes. In accordance with the provisions of the CIE, the photopic vision is defined as the brightness level of greater than  $3\text{cd/m}^2$  and the scotopic vision is less than  $10^{-3}\text{cd/m}^2$ . The brightness level between photopic and scotopic vision is called mesopic or mediated vision which is within  $0.001\text{cd/m}^2$  and  $3\text{cd/m}^2$ . The range of brightness levels of most outdoor lighting and some indoor lighting is belong to the mesopic vision, such as road lighting, tunnel lighting, emergency lighting, parking lighting, airfield lighting, instrument panel lighting, aerospace cockpit lighting, traffic signal lighting, military lighting, medical lighting and so on.

In this article, we firstly discuss the different reactions of the human eyes in the three visions and the photometry calculation in mesopic vision of the CIE, focusing on the meaning and function of the mesopic vision in road lighting.

Secondly, we describes the test conditions, methods and instruments of road lighting photometry and chromaticity according to National Standards. Further discuss is carried out on the limitations of the current standards. The documents of National Development and Reform Commission issued that the road lighting must not only comply with the national design standards, but also save energy. Therefore, we show the using status of different light sources.

CIE191 recommended 4 mesopic photometric models in 2010, but comprehensive and systematic analysis of these photometric models has seldom been carried out. Unfortunately, the measurement instruments in mesopic vision are not available. Lots of lighting designers are still unclear the mesopic vision, much less the application. The characteristics, scope and application

considerations of 4 kinds of the mesopic vision models according to CIE191 which have been comprehensively analysed in this article. We design an instrument which can measure the illumination and luminescence of lamps in both the photopic vision and the mesopic vision, so that it comes true that the mesopic vision model is able to get the correct and effective applications in lighting measurement and design.

This article describes demonstrates that the mesopic vision produces different results when applied to the road lighting evaluation with vision of road lighting evaluation for different light sources have different effects. On the basis of British Standard BS5489-1: 2003, When using a good color rendering ( $R_a 60$ ) of the light source, it is allowed to reduce the illuminance if a light source of a good color rendering ( $R_a \geq 60$ ) is used in British Standard BS5489-1: 2003. That the illumination obtained using in the mesopic vision Spectral luminous efficiency function is different. By means of the theoretical calculations and the practical measurements of road lighting with different light sources, we explore the differences of photometry between the mesopic vision and photopic vision, which provide some data to support energy saving in the future.

**Key words:** Mesopic Vision; Road Lighting; Energy Saving

# 目 录

摘要 .....	I
第一章 引言 .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.2 研究目的 .....	3
1.3 研究内容 .....	3
参考文献 .....	4
第二章 照明及道路照明设计 .....	5
2.1 光度学基础 .....	5
2.2 不同光源的特性 .....	8
2.3 城市道路照明中白光照明现状及趋势 .....	15
2.4 道路照明中应用的测量仪器 .....	17
参考文献 .....	20
第三章 CIE 中间视觉光度学模型 .....	21
3.1 中间视觉理论的研究的历史及现状 .....	21
3.2 CIE191-2010 推荐的中间视觉 .....	23
3.3 各种光度学模型的特点和适用范围 .....	26
参考文献 .....	30
第四章 中间视觉光度量仪器设计及测量结果分析 .....	33
4.1 中间视觉光度量仪器设计 .....	33
4.2 测量结果及分析 .....	35
参考文献 .....	39
第五章 结论与展望 .....	41

5.1 结论 .....	41
5.2 展望 .....	42
<b>致谢 .....</b>	<b>45</b>

厦门大学博硕士论文摘要库

# CONTENTS

<b>Abstract.....</b>	<b>III</b>
<b>1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
1.1 Research background .....	1
1.2 Research objectives .....	3
1.3 Research Contents .....	3
References .....	4
<b>2 Lighting and road lighting design .....</b>	<b>5</b>
2.1 The basis of the photometry .....	5
2.2 The different characteristics of the light source .....	8
2.3 The present situation and the trend of white lighting in the city road lighting ..	15
2.4 The measuring instruments of applications in Road lighting.....	17
References .....	20
<b>3 The mesopic photometry model in CIE.....</b>	<b>21</b>
3.1 The history and status quo of the mesopic visual theory study .....	21
3.2 The mesopic photometry system in CIE 191-2010 .....	23
3.3 The characteristics and the scope of the various photometric model .....	26
References .....	30
<b>4 The measurement instruments of mesopic photometry system</b>	
<b>design and the results analysis .....</b>	<b>33</b>
4.1 The measurement instruments of mesopic photometry system design .....	33
4.2 The measurement results analysis .....	35
References .....	39

<b>5 The Conclusion and Outlook.....</b>	<b>41</b>
5.1 The Conclusion.....	41
5.2 The Outlook.....	42
<b>Appreciation .....</b>	<b>45</b>

厦门大学博士论文摘要库

## 第一章 引言

### 1.1 研究背景

随着城市建设的发展和高速公路网的形成，道路照明的作用日益突出，它们对保证夜晚行人和行车安全具有决定作用，能有效防范犯罪、美化城市、促进商业繁荣。为此世界各国在道路照明上进行了深入的研究。在当今世界能源紧缺的形势下，节能减排是各国能源政策的主要任务。根据人眼对亮度的视觉特性研究结果分析，路面平均亮度  $0.5 \sim 2.0 \text{cd/m}^2$  这一数值正好位于人眼的中间视觉范围，由钠灯的黄色光照转入白光照明将为节能减排做出贡献<sup>[1][2][3]</sup>。而金卤灯、LED 光源具有白光照明特点，可以对有白光照明特点的路灯进行推广，降低能耗，提高照明质量，降低交通事故发生率<sup>[4]</sup>。

在道路照明属于低亮度照明，处于中间视觉状态。这时人眼对于较短波长的光更敏感。此时与明视觉时光谱光视效率函数相比，整个光谱光视觉函数曲线向短波方向推移，长波端能见的波长范围缩小，短波端的能见范围略有扩大<sup>[5]</sup>。1996 年，美国 Rensselaer 理工学院照明研究所的 He Y. 和 Rea M. 等人使用了反应时间这一参数对光源在中间视觉状态下的光效进行评价，这是首次尝试利用视觉功能的方法进行建立中间视觉光度学系统<sup>[6]</sup>。使用场合中，对视觉的探测和辨别或在视场中察觉目标所需要的反应时间等，可能比“视亮度”的概念更为直接和实用，因此视觉功能被认为是建立中间视觉系统的不错的方法。近年来对中间视觉状态下的视觉功能的研究大大增加，CIE 也因此于 2000 年建立了专门的技术委员会（TC1-58）关注和促进在中间视觉状态下视觉功能研究工作的开展。2002 年 Hurden A. 把这种新的用于建立中间视觉光度学系统的方法称为基于视觉功能法<sup>[7][8]</sup>；同年复旦大学的有关研究人员也提出把研究中间视觉的方法归纳为“直接模式”和“间接模式”<sup>[9]</sup>。

对于中间视觉状态下视觉功能的研究在近年来已成为一个热点，国际上很多照明研究机构开展了基于视觉功能的研究，并且到目前为止，多数采用特定的视觉作业为背景。例如，He Y. 利用高压钠灯和金属卤化物灯作



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库